儿童行为抑制性与心理障碍关联的认知神经过程

尤媛 王莉
（北京大学心理与认知科学学院，北京 100871）

摘要 行为抑制型儿童相较于普通儿童更容易在童年中期和青春期出现心理障碍，具有更高的发展风险性。此类儿童比非抑制型儿童表现出更多的退缩动机、更长的预期过程与前注意过程、更少的注意控制、对负性信息更多的注意偏向、异常活跃的反应监控过程和更慢的习惯化过程。这些与心理障碍患者相似的认知神经过程是儿童行为抑制性与心理障碍间的重要联系途径，并能作为预测指标筛选有更高发展风险性的个体。除儿童本身的特质外，环境因素也能通过塑造认知神经过程，进而影响儿童的发展结果。因此在未来的研究中，可以考虑不同文化背景下儿童行为抑制性与心理障碍关联的认知神经过程差异。进而从个体特质和环境因素两方面寻找行为抑制型儿童发展的保护性因素。

关键词 行为抑制性；心理障碍；认知神经过程；退缩动机；前注意过程；注意过程；反应过程；习惯化过程

1 引言

行为抑制性是指婴幼儿在面对新情境或陌生的成年人或同龄人时表现出来的一种气质或反应方式(Kagan, Reznick, Snidman, Gibbons, & Johnson, 1988)。当儿童在面对一个不熟悉的人、物或者情境的最初阶段，个体以不同的方式做出反应：行为抑制型儿童表现出退缩行为，如中断正在进行的活动，退回到熟人身边，或离开陌生事件发生的地点；而非抑制型的儿童则不会明显改变他们正在进行的活动，甚至会主动接近不熟悉的人或物(Kagan & Snidman, 1991)。Rubin, Coplan 和 Bowker(2009)提出了抑制型儿童的发展进程：行为抑制型气质在婴儿时期显现，表现为较低的唤醒阈限和难安抚等特征；在学步期会表现出抑制性和焦虑的特征，并与幼儿期和学龄期的社会退缩、消极自我概念等有关。行为抑制型儿童相较于普通儿童更容易在童年中期和青春期出现心理障碍。

已有研究发现，儿童行为抑制性与之后的广泛的心理障碍有关。社交焦虑是研究者们最常关注的行为抑制型儿童的发展结果，众多研究表明行为抑制型儿童相比于非抑制型儿童有更大可能性在童年中期出现社交焦虑症状(Barker et al., 2015; Buzzell et al., 2017; Schmidt, Fox, & Rubin, 2015)。Clauss 和 Blackford(2012)对以往研究进行了元分析，发现行为抑制型儿童出现社交焦虑的概率是非抑制型儿童的 7.5 倍。同时，行为抑制性也是其它心理障碍的风险因素。一项五年的追踪研究表明，行为抑制性与儿童中期和青少年期的社交焦虑、社交恐惧、惊恐障碍、强迫、抑郁等精神问题相关(Hirshfeld-Becker et al., 2007)。行为抑制型儿童在青少年时期有更大的可能性出现物质滥用(Williams et al., 2010)。

行为抑制性与心理障碍间的神经基础主要存在于大脑结构与认知神经过程两方面。结构方面，在儿童期属于行为抑制型，或在婴儿期属于高反应型的个体相比于其它个体拥有更大的杏仁核、尾状核(Clauss, Seay et al., 2014; Jarcho & Guyer, 2018)、内侧前额叶皮质体积，但拥有更小的左额眶皮层（Jarcho & Guyer, 2018; Schwartz et al., 2009)、海马体(Jarcho & Guyer, 2018; Schwartz et al., 2015)和背侧前扣带回皮层体积(Jarcho & Guyer, 2018; Sylvester et al., 2016)。认知神经过

收稿日期：2019-05-05
*国家自然科学基金（31771230）资助。
通讯作者：王莉, E-mail：liwang@pku.edu.cn

程方面，以往利用 EEG、ERP 和 fMRI 等脑电手段的研究发现，行为抑制型儿童相较于非抑制型儿童表现出更多的退缩动机、更长的预期过程与前注意过程、更少的注意控制、对负性信息更多的注意偏向、异常活跃的错误检测过程和更慢的习惯化过程，这些与心理障碍患者相似的认知神经过程揭示了行为抑制性与心理障碍间的联系。本文主要从认知神经过程以及认知神经过程与社会认知过程的关系角度概括了行为抑制性及其与心理障碍的关联特征。

2 行为抑制性的认知神经过程

根据 Sylvester 和 Pine(2018)的威胁系统理论，威胁反应（Threat reaction）系统与威胁回应(Threat response)系统是行为抑制性与心理障碍的生物学关联机制。其中反应系统中的上下丘脑、初级感觉皮层、杏仁核、终纹床核和海马区域对刺激进行快速检测和自动分类，并投射到大脑的其它区域来引发机体更广泛的变化。回应系统中的杏仁核区域则影响个体对刺激的回应，并受到外侧前额叶与内侧皮质区域的调节。行为抑制型个体和焦虑症个体更倾向于把刺激识别为威胁性刺激，并做出过度的反应。这些有关新异刺激的情绪反应包括了注意过程、工作记忆、意识等多种认知神经过程。以下主要从更细分的认知神经过程角度阐述行为抑制性与心理障碍的关联途径。

2.1 退缩动机

退缩动机是行为抑制型儿童相比于非行为抑制型儿童的主要特征差异。这种特征差异可反应在额叶 EEG 特征上，是趋近和回避动机系统的功能性差异，对应于大脑两半球的不同功能(Schneider et al., 2016)。其中偏左前额叶的不对称性与促进消化和趋近的情绪有关，而偏右前额叶的不对称性与退缩以及对刺激的回避有关(Davidson, 1992; Fox, 1991)。行为抑制型儿童前额叶的不对称性特征在婴儿阶段即可被观察到，Fox 和 Davidson(1987)利用 EEG 研究了十个月婴儿在面对陌生人和母亲接近时的反应，发现出生第一年的婴儿就已经表现出与不同动机有关的前额叶不对称性特征。另有研究也发现 4 个月时属于高反应性的婴儿相比于其它婴儿更多地出现了右前额叶的活跃，且在 14 个月和 21 个月时拥有更多的恐惧情绪(Fox, Calkins, & Bell, 1994)。此外，在婴儿期之后的儿童期与青少年期，研究者继续观察到额叶不对称性与行为抑制性的关系。其中早年被划分为高反应性的儿童在 10~12 岁时依然呈现出更多的偏右前额叶的不对称性特征(Mcmanis, Kagan, Snidman, & Woodward, 2010)。

额叶不对称性特征同时从气质和状态解释了行为抑制性与心理障碍的关联。Coan, Allen 和 Harmon-Jones (2001)认为，额叶不对称性对有关情绪和动机的结构同时起到两个方面的作用：（1）与情绪有关的个体差异性变量，与个体的预期情绪反应有关；（2）与情绪有关的状态依赖性变量。其中，作为个体差异性变量时，额叶不对称性可能增加或减少某些情绪反应的发生。根据 Gray 的精神病理学模型，情绪是对动机系统的反应。高水平的行为抑制系统的活跃使个体更容易出现焦虑障碍，而低水平的行为激活系统的活跃，使个体倾向于某些特定类型的抑郁症状(Harmonjones & Allen, 1997)。关于遗传的研究中也发现，系统活跃性的差异有基因的遗传基础，并与焦虑障碍、抑郁症、强迫症等心理障碍的发生有关(Allen & Reznik, 2015; Ischebeck, Endrass, Simon, & Kathmann, 2014; Smit, Posthuma, Boomsma, & De Geus, 2007)，佐证了行为抑制性作为一种风险性的气质特征与心理障碍的关联。另外，这种关联性也可以从状态层面解释。当额叶不

对称性作为情绪有关的状态依赖性变量时，显示了心理状态和情绪状态的变化。研究发现，抑郁母亲的儿童在左前额叶皮质的活动降低，从而预示着儿童更高的抑郁风险性(Goldstein et al, 2016)，因此偏右前额叶的不对称性本身反映了一种更为负性的状态，与心理障碍的发生有关。

2.2 预期过程

预期过程被认为是有偏向的思维过程，并对情绪调节产生影响。研究发现，在对威胁刺激的预期阶段，行为抑制型儿童未能出现强烈的前额叶的参与；但是当观看到社会性刺激时，行为抑制型儿童的内侧前额叶和背外侧前额叶的激活增加。证实了前额叶功能差异在行为抑制型儿童预期过程差异中的作用(Clauss, Benningfield, Rao, & Blackford, 2016)。另一项研究则发现，行为抑制型个体如果在预期过程中表现出了强烈的前额叶系统的激活以及扣带回与杏仁核的功能联结，能够降低其出现社交焦虑的可能性(Clauss, Avery et al., 2014)。总体而言，行为抑制型个体相比于非抑制型个体在预期过程中表现出情绪调节相关脑区(前扣带回,内侧前额叶，背外侧前额叶)的激活降低,但在边缘系统的激活增加(Clauss et al., 2016)。

行为抑制型个体在预期过程中表现出的脑区活动差异与焦虑障碍、社交焦虑的发生有关。就预期过程的时间而言，高度社交焦虑的个体比低社交焦虑的个体有更长的预期过程。由于这种预期过程涉及到对即将到来的经常性和侵入性的社会事件的反思，增加了个人的焦虑并干扰注意力(Vassilopoulos, 2004)。就预期过程的种类而言，不适应的预期过程（停滞思考和结果幻想）也与社交焦虑相关(Scott, Yap, Francis, & Schuster, 2014)。行为抑制型的个体无法让前额叶在预期阶段适当地为威胁性刺激做好准备，同时还表现出杏仁核的过度激活(Clauss, Cowan, & Blackford, 2011)，从而导致与威胁反应系统有关的对威胁初始反应增强，而与威胁回应系统有关的情绪调节策略不足，引发焦虑。

2.3 前注意过程

前注意过程本身不包含注意成分，但与自动化注意的开启有关(Giard, Perrin, Pernier, & Bouchet, 2010)。当刺激材料与标准材料有所偏差时，大脑对意外的声音刺激进行迅速反应(Chung & Park, 2018)，从而产生 MMN（失匹配负波）。MMN 在右顶叶和左额中回区域产生(Chakalov, Paraskevopoulos, Wollbrink, & Pantev, 2014)，是反映听觉认知前注意过程的可靠指标。通常认为，MMN 的潜伏期与注意有关，但 MMN 本身与注意过程无关，它反应的是大脑进行自动化比较的能力(Zhao, Liu, & Chen, 2018)。研究者利用标准声刺激和偏差刺激观察受试者的失匹配负波(MMN)，发现行为抑制型儿童与社交能力较强的对照组儿童相比，早期皮层听觉过程中的 MMN 波幅较小，MMN 潜伏期较长，佐证了额叶在社会退缩中的作用(Barhaim, Marshall, Fox, Schorr, & Gordon-Salant, 2003)。

前注意过程也是心理障碍相关研究关注的重要过程。行为抑制型儿童相对于普通儿童更小的 MMN 波幅以及更长的潜伏期与以往在焦虑症和抑郁症被试中以标准声刺激和偏差声刺激为材料的研究结果相似，这些特征被认为是一种基本认知过程的缺陷，从而与心理障碍相关联(Xiao, X. S. Chen, Zhang, Lou, & J. Chen, 2005)。但另有一些研究得到了与之相反的结果。有研究者利用音乐序列中插入的变化声学特征做为刺激材料，结果发现由于抑郁症患者更不愿意忍受音乐序列中与预期不一致的偏差材料，因此更高的 MMN 与更高的抑郁风险有关(Bonetti,

Haumann, Vuust, Kliuchko, & Brattico, 2017)，这种由材料带来的结果差异在面部表情的实验中也有所体现(Pang et al., 2014)。虽然以往在前注意过程方面的研究结果并不一致，但在实验刺激相似的情况下，行为抑制型儿童与焦虑症和抑郁症患者表现出了相似的前额叶功能失调带来的前注意过程的改变，这种相似的过程可能是行为抑制型儿童出现心理障碍的基础。

2.4 注意过程

2.4.1 注意控制

注意控制是一种调节的能力，以往研究者关注了注意控制的多个维度。Eysenck, Derakshan, Santos 和 Calvo(2007)将注意控制分为刺激驱动的自下而上的控制与目标驱动的自上而下的控制系统。焦虑会损害这两个系统的平衡，影响包括注意抑制与注意转移的中央执行系统功能；Derryberry 和 Reed (2002)编制的注意量表中，则关注整体控制注意的能力，将注意控制主要划分为集中注意和转移注意的过程(Reinholdt-Dunne, Mogg, & Bradley, 2013)。注意控制的来源是额顶叶，额顶叶区属于威胁回应系统，被认为是通过改变注意力，朝向或远离潜在的威胁性刺激，为灵长类动物提供对威胁的灵活反应(Sylvester & Pine, 2018)。其中集中注意的能力与上顶叶与下顶叶系统有关(Pérez-Edgar, 2018)，注意转移的能力与腹外侧前额叶皮质有关(Sylvester & Pine, 2018)。

注意控制在儿童行为抑制性中起着重要作用。儿童更强的对新异刺激的反应以及失败的认知控制是行为抑制性产生的原因(Blackford, Clauss & Benningfeld, 2018)。以往有关行为抑制型个体注意过程的 ERP 研究重点关注了 P1、N2 等成分。P1 反映的是早期自动化注意过程，出现在刺激呈现后 100~130ms，最大波幅出现在枕叶处(Mangun, 1995)。Jetha 等人(2012)在成人被试中发现害羞的个体在面对情绪面孔时出现 P1 的减少，该结果与非害羞个体相反，被认为是一种认知上的回避和对注意的抑制。证实了害羞与恐惧面孔处理早期皮层反应的关联，与杏仁核敏感性模型一致。该结果在儿童群体中也得到了验证，Thai, Taber-Thomas 和 Pérez-Edgar (2016)利用点探测范式的研究只在非行为抑制型的儿童中发现呈现愤怒面孔线索时的 P1 增加。除 P1 成分以外，N2 也是 ERP 研究中重点关注的成分。N2 与矛盾监控、反应抑制和注意控制过程均有关(Van & Carter, 2002)。研究发现，儿童 2 岁时的行为抑制性预示了 7 岁时在 Go/no Go 任务中 N2 成分的活跃，且 2 岁时的行为抑制性只在 N2 高的个体中与 7 岁时的社交沉默有关(Lamm et al., 2014)。

注意控制在儿童行为抑制性与心理障碍关联中的作用较为明确。更好的注意控制能力、调动认知资源以调节消极情绪的能力是行为抑制型儿童消极发展结果的保护性因素，因为灵活的注意转移能力能够调节消极的反应模式(White, Mcdermott, Degnan, Henderson, & Fox，2013)。而恐惧气质的儿童和青少年则倾向于把注意集中于威胁刺激上，这种认知过程使得儿童有更多的情绪脆弱性和焦虑症状(Pérez-Edgar et al. 2010)。所以儿童早期的行为抑制性只在有较差的注意转移能力的个体中与学前的焦虑问题有关(White et al., 2013)。

2.4.2 注意偏向

注意偏向是影响注意控制的重要因素(Heeren, Mogoaşe, Mcnally, Schmitz, & Philippot, 2015)。行为抑制型个体的注意偏向同时存在于奖赏与惩罚任务中。Knutson, Westdorp, Kaiser 和 Hommer (2000)利用货币激励延迟任务研究奖惩任务

中的注意偏向，发现纹状体的激活能够提升对货币刺激的预期，并增加活动的表现。具体到行为抑制型的个体，纹状体激活随着激励幅度的增大而增加，这种效应同时在预期奖赏和预期惩罚的任务中存在，且相比于非行为抑制组更大(Guyer et al., 2006)。Lahat, Benson, Pine, Fox 和 Ernst(2018)的研究中也发现了类似的行为抑制型个体中更强的纹状体激活，并同时发现了此类儿童在奖赏刺激任务中更强的尾状核的激活，这种尾状核的激活受到 DRD4 基因的调节(Pérez-Edgar et al., 2014)，与社交焦虑症状有关(Lahat et al., 2018)。

注意偏向可能是儿童行为抑制性与社交焦虑间的关系基础(Thai et al., 2016)，它受到包括杏仁核和前额叶皮层在内的恐惧回路的影响，能够影响行为抑制性的稳定性。研究表明，对威胁相关信息的注意偏向是焦虑发生和维持的主要原因(Barhaim, Lamy, Pergamin, Bakermans-Kranenburg, & Van Ijzendoorn, 2007)，也是儿童行为抑制性与社会退缩和焦虑症状之间的调节因素(White et al., 2017; Pérez-Edgar et al., 2010)。行为抑制型儿童在观看消极面孔后出现更强烈的背外侧前额叶区域的激活(Fu, Taber-Thomas, & Pérez-Edgar, 2017)，而且在高注意力控制试验中，扣带回、纹状体和背侧前额叶区域的参与程度更高(Jarcho et al., 2014)。背外侧前额叶区域是威胁回应系统的重要组成部分，能够实施情绪调节策略，如认知重构与主动抑制等，它的激活与焦虑症状有关(Fu et al., 2017)，该区域的功能揭示了注意偏向在行为抑制性与心理障碍间关联的作用。

2.5 反应过程

错误相关的反应监控包括检测到错误与其后的调整过程(Falkenstein, Hoormann, Christ, & Hohnsbein, 2000)。反应过程与扣带回脑岛网络系统的功能有关(Dosenbach et al., 2006; Sylvester & Pine, 2018)。背侧脑岛和扣带回都属于威胁回应系统，已有研究证实扣带回皮层能够调节对感知到的威胁的反应，而脑岛的异常活动、功能连通性和皮质厚度也与行为抑制性有关(Sylvester & Pine, 2018)。在 ERP 实验中，反应过程主要体现在 ERN 成分、CRN 成分和 Pe 成分上。以往研究发现，行为抑制型儿童相比于非行为抑制型儿童 ERN 波幅更大，11~13 岁的有更多焦虑症状的儿童也相比于其他儿童表现出更大的 ERN 波幅(Mcdermott et al., 2009)。更强的反应监控过程还具有连续性，在童年期属于行为抑制型的个体到青少年时期依然表现出更大的 ERN 波幅(Mcdermott et al., 2009)。另外，ERN 与 CRN 之间的差异同样能体现行为抑制型儿童的特征，研究者在高恐惧的学步期儿童中发现了两种成分更大的波幅差距(Brooker & Buss, 2014b)。压力场景中，更大的 Pe 波幅也是儿童胆小的体现(Brooker, Buss, & Dennis, 2011)。

行为抑制型个体表现出的更强的反应过程与心理障碍有关。在儿童样本中，更大的 ERN 波幅与儿童的强迫症状有关(Carrasco et al., 2013)，并在儿童早期行为抑制性与青少年期社交焦虑的关系中起到中介的作用(Buzzell el al., 2017)。在青少年样本中，符合焦虑症诊断标准的个体相比于其它个体也表现出 ERN 成分的增加(Mcdermott et al., 2009)。这种 ERN 成分的增加可能是由于行为抑制型儿童恐惧系统的过度活跃而需要更高的抑制控制导致的(Thorell, Bohlin, & Rydell, 2004; Troller-Renfree,et al., 2019)。除 ERN 以外，另外两种与错误过程相关的 ERP 成分也与心理障碍有联系，其中更高焦虑水平的儿童相比于正常发展儿童表现出更强烈的 CRN(Hum, Manassis, & Lewis, 2013)，而更低的 Pe 波幅则与抑郁有关(Aarts, Vanderhasselt, Otte, Baeken, & Pourtois, 2013)。fMRI 的研究进一步探索了反应过

程的深层机制。在任务出现错误时，研究者观察到受试者包括扣带回皮层的内侧额叶皮层的激活(Ridderinkhof, Ullsperger, Crone, & Nieuwenhuis, 2004)，特别是在严重的强迫症患者中的扣带回的活跃(Fitzgerald et al., 2005)。这些证据都表现了一种可能性，即错误相关过程可能是行为抑制性与心理障碍之间认知途径的联系。

2.6 习惯化过程

高反应性包含两个不同的过程，对新异刺激更大的初始反应以及对重复性刺激习惯化过程的减慢。其中习惯化过程是指对于重复性刺激反应的消失，即当一个新异刺激被识别为与之前相同的无威胁且无奖赏的刺激时，个体注意资源投入减少的过程(Blackford, Clauss, & Benningfield, 2018)。行为抑制型儿童对新异刺激产生退缩的反应，而相比之下，非行为抑制型的儿童则很快投入到与新环境和陌生同伴、陌生人的互动中。这种差异的来源不仅在于行为抑制型儿童更容易将模糊的刺激识别为威胁性刺激，也在于行为抑制型个体的习惯化更加困难(Blackford et al., 2018)。Blackford 等人(2011；2013)利用 fMRI 的研究发现，相比于非行为抑制型气质的个体，行为抑制型个体在观看新异刺激时有更快更大的杏仁核的激活以及持续的对最近熟悉面孔的杏仁核反应，从而导致习惯化过程的差异(Blackford, Buckholtz, Avery, & Zald, 2010)。此外，另有研究还发现以亚属前扣带回皮层为中心的网络也对习惯化过程起到重要作用，它包含了关于先前刺激是否依然属于威胁性刺激的经验，使个体更容易将刺激识别为威胁性或非威胁性刺激(Sylvester & Pine, 2018)。这些研究结果证实了 Sylvester 和 Pine(2018)的威胁系统理论，即行为抑制型个体对于威胁信息的反应，不仅包括杏仁核参与的与威胁反应系统相关的初始反应，也包括扣带回皮质参与的威胁回应系统对初始反应的调节。

习惯化过程与心理障碍间存在关联。Fried, MacDonald 和 Wilson(1997)认为，未能很快地对重复刺激出现适应反应是一种不确定或不熟悉的表现。熟悉化的过程与安全感的延迟和更多的焦虑有关(Stout, Shackman, & Larson, 2013)，同时，近期研究还发现抑郁症患者也相比正常群体更慢地出现习惯化(Walker et al., 2019)。但这个结论在其它一些研究中并没能得到验证。Sladky 等人(2012)发现焦虑症患者相比于正常人群在接受情绪面孔刺激，并进行情绪辨别任务时，反而出现了杏仁核、额框皮层和丘脑枕部的习惯化。另有研究利用了卡片猜测、金钱奖励任务，发现抑郁症患者的腹侧纹状体习惯化过程也相比于普通人群更为迅速(Moses-Kolko et al., 2011)。Avery 和 Blackford(2016)认为，造成这种不一致的原因可能是不同的任务要求导致的，当受试者仅仅观看情绪材料时，焦虑症与抑郁症患者的习惯化过程更为缓慢；但当需要受试者同时进行任务时，患者会比普通被试更快出现习惯化。因此，行为抑制型个体在仅观看情绪刺激的任务中表现出的更缓慢的习惯化过程可能与更多的焦虑症状、抑郁症状有关。

3 认知神经过程与社会认知过程

社会认知过程也是儿童行为抑制性与心理障碍关联的重要途径，它包含了同伴关系、社会期望、父母教养等环境因素所带来的对儿童社会认知的影响(Rubin et al., 2009)。行为抑制型儿童过度的恐惧既可能来源于对社会情境的感知差异；也可能来源于相似的社会情境感知，但面临高唤醒情境时调节能力的缺乏。

认知神经过程与社会认知过程对儿童发展不仅存在着独立的影响，也存在着共同影响与间接影响的路径。对于行为抑制型儿童，认知神经过程是个体气质层

面的风险性因素，而社会认知过程则是环境层面的风险性因素。认知神经过程与社会认知过程共同构成了对儿童发展结果的影响因素。同时，社会认知过程也通过塑造认知神经过程间接影响儿童发展的结果。

3.1 个体气质与社会认知过程对心理障碍的共同影响

在共同影响的路径中，个体的行为不仅受到个体气质的影响，也会受到特定环境的作用，二者的交互作用共同预测了个体的适应结果。因此，具有某种生理特征的个体更可能在其适应的环境中获得良好的发展，例如低唤醒程度特征的个体仅在强调高唤醒的西方属于风险性特征，而在东方却能获得良好适应(Tsai, Knutson, & Fung, 2006; Kitayama & Uskul, 2011)。这种共同路径具体到行为抑制型儿童中，则是个体气质与社会认知过程对心理障碍的共同影响。

教养环境在行为抑制型儿童的发展中起着重要作用。Rubin, Burgess 和 Hastings(2010)发现，母亲侵入性的和嘲笑性的教养方式会导致行为抑制型儿童更多的内化问题(焦虑或抑郁），且父母的行为抑制性也能预测儿童行为抑制性与焦虑症之间的关系(Stumper et al., 2017)。

同伴关系是行为抑制型儿童社会性发展的另一影响因素。Rubin 认为，包括同伴排斥、同伴欺凌和低友谊质量的同伴困难是行为抑制型儿童面临的消极发展结果之一(Rubin et al., 2009)。研究表明，儿童感知到的同伴欺凌能够预测之后的焦虑症状(Schleider, Ginsburg, & Drake, 2018)，并作为儿童恐惧气质与焦虑症状的中介(Affrunti, Geronimi, & Woodruff-Borden, 2014)。此外，儿童在面临同伴困难时的自责与逃避应对，也会带来抑郁、焦虑等心理障碍，从而导致消极社会情绪和消极社会认知功能的循环强化(Garnefski, Kraaij, & Etten, 2005; Rubin, Bukowski, & Parker, 2005)。

同时代的文化背景差异与时代变迁带来的文化背景差异也影响着行为抑制型儿童的发展结果。根据以往西方的研究，行为抑制性与社会退缩对于儿童的社会性发展和适应都有负面的影响，此类儿童相比于非行为抑制型儿童更多地出现社交焦虑和抑郁症状，拥有更负面的自我评价，受到更多的同伴欺凌和排斥(Rubin et al., 2005)。然而，抑制型气质在九十年代的中国文化背景下却是被接受且适应的。Chen, Rubin 和 Sun(1992)对比中国和加拿大的样本发现，相比于在加拿大样本中报告的与同伴消极提名的关联性，在中国文化背景下，儿童的害羞气质与同伴的积极提名有关，显示了文化背景的作用。此外，时代的变迁对儿童的发展结果也有着重要影响。研究显示，同样在中国文化背景下，在 1990 年时，害羞气质与积极社会提名、教师评价的能力、领导力、学业成就、社会合作等适应发展结果都呈显著的正相关；然而在 2002 年时，害羞与消极社会提名、抑郁症状等不良发展结果呈显著的正相关(Chen, Cen, & He, 2005)。

虽然目前的研究进展仅能说明个体气质与社会认知过程的交互作用，但行为抑制型儿童与非抑制型儿童的气质差异是在认知神经过程上有所体现的。因此也可以预期认知神经过程与社会认知过程在行为抑制性与心理障碍的关联途径中可能存在着交互作用，可作为未来探索的方向。

3.2 社会认知过程对认知神经过程的塑造

在间接影响的路径中，社会认知过程通过塑造认知神经过程，进而影响个体的发展结果。Kitayama 和 Uskul(2011)认为，个体表现出的行为不只是受到神经机制的影响，同时也受到社会规范的作用。对于行为抑制型的儿童，同伴关系、

父母教养、社会文化期望等构成了影响行为抑制型儿童发展结果的重要社会认知过程。

3.2.1 教养环境对认知神经过程的塑造

以往的研究证实了教养环境能够塑造儿童的退缩动机、注意过程和反应过程等认知神经过程。

从退缩动机的角度，额叶不对称性特征可作为环境作用于心理障碍的生理联系。研究显示，母亲的产后抑郁状况与教养行为如敏感性、回应性、情绪表达等会影响婴儿的额叶不对称性特征，其中母亲的抑郁症状和更消极的教养方式与儿童偏右前额叶的不对称性有关(Wen et al., 2017；Killeen, 2010)。此外，具有稳定心理障碍的母亲的婴儿也呈现出更大的偏右额叶脑电图不对称性的特征，这种模式通常伴随着更大的负面情绪和更多的退缩行为(Jones, Field, & Almeida, 2009)。因此，不良环境可能通过塑造儿童的偏右前额叶不对称性特征，从而导致儿童更多的行为抑制性，并与多种心理障碍的发生有关。

从注意过程角度，儿童的注意控制能力与注意偏向都受到教养方式的影响。注意控制方面，直接批评的教养方式，与儿童低水平的注意控制相关(Mathis & Bierman, 2015)。注意偏向方面，对愤怒面孔的注意偏向中介了专制型教养、消极情绪与儿童社交焦虑症之间的关系 (Gulley, Oppenheimer, & Hankin, 2014)，而这种专制型教养方式正是影响儿童行为抑制性发展的重要因素之一(Chen et al., 1998)，显示了教养方式在儿童行为抑制性与心理障碍间的作用。

反应过程同样与教养环境有关，它既体现了一种基因层面的反应监控过程(Holroyd & Mgh, 2002)，同时也受到环境因素的影响。Brooker 和 Buss(2014a)的研究中发现，严苛的父母教养方式和恐惧情绪能够预测儿童两年后更多的恐惧情绪以及更大的 ERN 波幅，说明了反应监控是父母教养方式、恐惧情绪与焦虑问题之间的认知过程关联。从遗传和环境层面，错误相关的反应监控与认知控制过程都为行为抑制型儿童可能出现的心理障碍提供了解释。

3.2.2 文化因素对神经过程的塑造

文化因素对神经过程的塑造，是环境因素对个体发展结果影响的间接路径。Dom ńguez Duque, Turner, Lewis 和 Egan(2010)认为，当人们在反复参与到文化实践任务中时，文化行为将对大脑产生系统性的影响。它从多层次和多维度影响了神经系统的活动，其中包括低级的知觉、注意力和高级的认知、情感、情绪、归因、自我认知和意识。文化经验能够调节而且决定预先存在的神经活动模式(Dom ńguez Duque et al., 2010)。总体而言，共同影响路径与间接影响路径并不是独立的，交互作用本身也显示了大脑被文化塑造的可能性，因为适应环境的基因更可能在繁衍中被保留(Kitayama & Huff, 2015)。

具体到行为抑制型儿童中，目前的研究显示出了社会认知过程与认知神经过程的共同作用。在西方文化背景下，行为抑制性与社会退缩对于儿童的社会性发展和适应都有负面的影响；但在传统中国文化背景下，儿童的害羞与退缩是被父母与同伴所接纳的(Chen & French, 2008)。然而，这种共同作用之外，文化以及文化带来的父母教养方式差异、同伴态度差异等也可能通过对认知神经过程的塑造，间接影响儿童的发展结果，从而显示出中西方文化下的差异。目前有关行为抑制性的文化因素间接影响路径的研究较少，可作为未来的研究方向。

4 小结与展望

4.1 认知神经过程对行为抑制性与心理障碍关联的预测作用

本文综述了儿童行为抑制性与心理障碍的认知神经过程。行为抑制型儿童由于与某些心理障碍患者有相似的神经过程或相似的结构特征，从而有更大的风险在今后出现心理障碍。明确其中的神经过程关联为认知神经过程作为行为抑制型儿童发展风险性的预测指标奠定了基础。已有研究显示，在行为抑制型群体中，只有表现出这类相似过程的个体具有更高的心理障碍风险性，而其它行为抑制型个体并不比普通个体有更大风险出现心理障碍。

从退缩动机的角度，持续表现出行为抑制性的儿童在 9 个月时即表现出偏右前额叶不对称性，而那些在后来从抑制型转变为非抑制型的个体则没有出现这样的特征(Fox, Henderson, Rubin, Calkins, & Schmidt, 2010)。另一项追踪研究也发现，9 个月时高消极反应性的婴儿，只在呈现偏右前额叶不对称性特征的个体中与 4 岁时的社交谨慎相关(Henderson, Fox & Rubin, 2001)。此外，在高行为抑制性的儿童中，偏右前额叶的不对称性还与社交场景中的更大的 ERN 波幅有关(Harrewijn et al., 2019)，说明了早期退缩动机对行为抑制型儿童社会情绪发展的预测性，可作为个体发展风险的筛选指标。

从注意过程角度，行为抑制性与社交焦虑之间的联系受到注意控制和注意偏向的影响。在 ERP 成分中，P2 成分的增加与社交焦虑症状的减轻有关，并调节了行为抑制性与社交焦虑之间的关系(Thai et al., 2016)；更高的 N2 激活或更多的背侧前额叶皮质和背侧前扣带回皮层的激活则与儿童之后的社交缄默相关(Lamm et al., 2014)。fMRI 方面的研究同样发现了行为抑制型群体中高风险个体具有的独特的神经系统特征，例如有研究发现，抑郁高风险家族中的行为抑制型受试者在与注意过程密切相关的纹状体和双侧感觉运动皮层表现出更低的默认模式网络连接(Bellgowan et al., 2015)；在普通行为抑制型的年轻成年人中，患有焦虑障碍的个体也呈现出更大的杏仁核体积等特殊特征 (Clauss, Seay et al., 2014)。Roy 等人(2014)的研究关注了广泛的杏仁核系统，认为在杏仁核、前额叶皮质、纹状体、前岛叶和小脑的功能失调是行为抑制型个体发生焦虑障碍的风险性指标。

从反应过程角度，反应监控和抑制控制的过程与焦虑症状的关系受到行为抑制性的调节。其中在高行为抑制型被试组中，更小的 ERN 波幅与更低的焦虑症状有关且同时表现出行为抑制性和反应监控增多的儿童相比于仅仅是行为抑制性，或者仅仅是更多反应监控的儿童可能面临着更多的患焦虑症的风险(Mcdermott et al., 2009)，说明了与心理障碍患者有相似神经过程的个体具有更高的发展风险性。惊恐障碍也与反应过程有关。在 Flanker 任务中，研究者发现高行为抑制性的儿童相比于低行为抑制性的儿童表现出更多的错误检测，且 7 岁时更高的 ERN 和 CRN 波能够预测行为抑制型儿童之后出现惊恐障碍的风险(Lahat et al., 2014)。

以上认知神经过程从个体特质层面筛选了高风险个体，未来可以考虑采用追踪研究验证这些预测关系。与此同时，行为抑制型儿童的发展结果也受到环境因素的影响。由此，研究者在进一步明确文化、教养方式等社会认知过程与认知神经过程的交互作用以及社会认知过程对认知神经过程的塑造作用后，能够更深入地解释行为抑制性与心理障碍关联的机制。

4.2 文化因素的作用

Rubin 等人(2006)认为，出现行为抑制型儿童适应结果文化差异的原因在于父母在对子女的教养过程中，会将社会文化的导向和期望传递给儿童。在传统集体主义文化下，内敛、安静、主动性低的行为是被社会所接纳的，所以具有抑制型气质的儿童表现出更好的发展结果；而在市场经济和个体主义文化下，抑制型气质属于不适应的类型，儿童受到了更多的来自父母的负面评价以及来自同伴的排斥与欺凌，从而形成了消极的自我概念和低自我价值感，最终出现情绪问题与适应问题。

其实在西方与中国文化下，个体的自我概念结构本身也是有较大差异的。亚洲文化下的个体具有独特的个人概念，坚持个人与他人相互依存的联系；而西方文化下，个体则寻求保持与他人的独立来表达自己独特的内在属性，并不重视这种个人之间的联系(Markus & Kitayama, 1991)。朱滢和张力(2001)利用记忆的自我参照效应对中国人的自我人格特征进行研究，结果同样显示了中国人互倚性自我的人格特征。也正是这种自我概念的差异，害羞敏感儿童在传统中国背景下符合了人际和谐的要求，从而表现出比倡导个体独立的西方更多的适应(Liu et al., 2015)。

上述的研究中显示了文化因素对个体发展的重大影响。这种文化因素可能影响到个体的神经功能，进而间接影响个体的发展结果。因此，中西方文化所带来的自我概念的差异同样可能在儿童的认知神经过程中体现，从而导致不同文化下儿童行为抑制性与心理障碍间不同的路径。但目前在行为抑制型儿童认知神经过程方面的跨文化研究依然不足，可作为未来研究的一个方向。

4.3 行为抑制型儿童不良社会性发展结果的预防

行为抑制性作为婴幼儿时期的一种气质特征，表现为警惕性、安静与对社会性刺激的退缩，这种早期的气质与之后的社会性发展结果相关，其中持续的高水平的行为抑制性预测了幼儿期高水平的社会退缩，但主要预测的是特定类型的社会退缩。社会退缩与上文所述的多种心理障碍都属于儿童不良社会性发展结果，且社会退缩本身也会带来焦虑和抑郁等心理障碍(Rubin et al., 2009)。

社会退缩已经由 Coplan 等（2013）分出三种亚类型，并对应于不同的发展结果。其中焦虑退缩型的儿童同时具有高趋近动机和高回避动机，是社会退缩儿童中焦虑情绪表达最多的一组；而安静退缩的儿童具有低的趋近动机，内化问题相较于焦虑退缩型更少；活跃退缩型儿童并不回避社交，是所有亚类型中，积极情绪表达最多的一组。行为抑制型儿童从动机的角度也处于高趋近与高回避动机的矛盾状态(Asendorpf, 1990)，所以对应于社会退缩中的焦虑退缩亚型，即内化问题最多的亚型，此类儿童有更多的焦虑、抑郁、社交焦虑的症状(Asendorpf, 1991; Rubin et al., 2009)。然而，目前对于行为抑制性与社会退缩关系的解释只来源于行为实验里对儿童动机与情绪的观察，利用神经科学手段对其中神经机制的探索依然较少。未来的研究中可以考虑进一步验证并探索其中的认知神经过程关联，例如利用 EEG 额叶不对称性从神经科学以及纵向追踪的角度测量儿童的动机成分验证行为观察的结果，或利用 ERP、fMRI 等手段探究儿童在注意过程、反应过程等神经过程的特征以进一步解释行为抑制型儿童社会性发展结果的机制，并探索行为抑制性、社会退缩与心理障碍三者间的联系。

此外，帮助行为抑制型儿童更好地适应社会、减少社会退缩甚至社交焦虑，也能够为儿童带来更多的同伴接纳，从环境角度让儿童降低出现心理障碍的可能

性。目前已有少量针对行为抑制性的预防性干预手段，Tang, Reeb-Sutherland, Romeo 和 Mcewen(2012)利用新异刺激暴露促进大鼠习惯化过程，有效减少了个体对于新异环境的恐惧，从而降低了焦虑的风险；Week(2014)对行为抑制型个体采用针对社交焦虑的认知行为疗法进行预防性干预，发现这种干预能有效减少行为抑制型儿童的抑制性程度，并降低出现社交焦虑的可能性。在将来的研究中，可以根据行为抑制型个体认知神经过程的特点，进一步探索有效的干预方式，让儿童降低出现社会退缩，甚至出现心理障碍的风险。

参考文献：

朱滢, 张力. (2001). 自我记忆效应的实验研究. *中国科学, 31*(6), 537–543.

Aarts, K., Vanderhasselt, M. A., Otte, G., Baeken, C., & Pourtois, G. (2013). Electrical brain imaging reveals the expression and timing of altered error monitoring functions in major depression. *Journal of Abnormal Psychology*, *122*(4), 939–950.

Affrunti, N. W., Geronimi, E. M. C., & Woodruff-Borden, J. (2014). Temperament, peer victimization, and nurturing parenting in child anxiety: A moderated mediation model. *Child Psychiatry & Human Development, 45*(4), 483–492.

Allen, J. J. B., & Reznik, S. J. (2015). Frontal EEG asymmetry as a promising marker of depression vulnerability: Summary and methodological considerations. *Current Opinion in Psychology*, *4*, 93–97.

Asendorpf, J. B. (1990). Beyond social withdrawal: Shyness, unsociability, and peer avoidance. Human Development, 33(4-5), 250–259.

Asendorpf, J. B., & Asendorpf, J. B. (1991). Development of inhibited children's coping with unfamiliarity. *Child Development, 62*(6), 1460–1474.

Avery, S. N., & Blackford, J. U. (2016). Slow to warm up: the role of habituation in social fear. *Social Cognition Affect Neuroscience*, *11*(11), 1832–1840.

Barhaim, Y., Marshall, P. J., Fox, N. A., Schorr, E. A., & Gordon-Salant, S. (2003). Mismatch negativity in socially withdrawn children. *Biological Psychiatry*, *54*(1), 17–24.

Barhaim, Y., Lamy, D., Pergamin, L., Bakermans-Kranenburg, M. J., & Van Ijzendoorn, M. H. (2007). Threat-related attentional bias in anxious and nonanxious individuals: a meta-analytic study. *Psychological Bulletin*, *133*(1), 1–24.

Barker, T. V., Reeb-Sutherland, B., Degnan, K. A., Walker, O. L., Chronis-Tuscano, A., & Henderson, H. A., ... Fox, N. A. (2015). Contextual startle responses moderate the relation between behavioral inhibition and anxiety in middle childhood. *Psychophysiology*, *52*(11), 1544–1549.

Bellgowan, J. F., Molfese, P., Marx, M., Thomason, M., Glen, D., & Santiago, J., … Hamilton, J. P. (2015). A neural substrate for behavioral inhibition in the risk for major depressive disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *54*(10), 841–848.

Blackford, J. U., Buckholtz, J. W., Avery, S. N., & Zald, D. H. (2010). A unique role for the human amygdala in novelty detection. *Neuroimage, 50*(3), 1188–1193.

Blackford, J. U., Avery, S. N., Cowan, R. L., Shelton, R. C., & Zald, D. H. (2011). Sustained amygdala response to both novel and newly familiar faces characterizes inhibited temperament. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 6*(5), 621–629.

Blackford, J. U., Allen, A. H., Cowan, R. L., & Avery, S. N. (2013). Amygdala and hippocampus fail to habituate to faces in individuals with an inhibited temperament. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 8*(2), 143–150.

Blackford, J. U., Clauss, J. A., & Benningfield, M. M. (2018). The Neurobiology of Behavioral Inhibition as a Developmental Mechanism. In K. Pérez-Edgar & N. A. Fox (Eds.), *Behavioral Inhibition* (pp. 113–134). Cham, Gewerbestrasse, Switzerland: Springer, Cham.

Bonetti, L., Haumann, N. T., Vuust, P., Kliuchko, M., & Brattico, E. (2017). Risk of depression enhances auditory pitch discrimination in the brain as indexed by the mismatch negativity. *Clinical Neurophysiology, 128*(10), 1923–1936.

Brooker, R. J., Buss, K. A., & Dennis, T. A. (2011). Error-monitoring brain activity is associated with affective behaviors in young children. *Developmental Cognitive Neuroscience, 1*(2), 141–152.

Brooker, R. J., & Buss, K. A. (2014a). Harsh parenting and fearfulness in toddlerhood interact to predict amplitudes of preschool error-related negativity. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *9*(2014), 148–159.

Brooker, R. J., & Buss, K. A. (2014b). Toddler fearfulness is linked to individual differences in error-related negativity during preschool. *Developmental Neuropsychology, 39*(1), 1–8.

Buzzell, G. A., Troller-Renfree, S. V., Barker, T. V., Bowman, L. C., Chronis-Tuscano, A., Henderson, H. A., ... & Fox, N. A. (2017). A neurobehavioral mechanism linking behaviorally inhibited temperament and later adolescent social anxiety. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *56*(12), 1097–1105.

Carrasco, M., Hong, C., Nienhuis, J. K., Harbin, S. M., Fitzgerald, K. D., Gehring, W. J., & Hanna, G. L. (2013). Increased error-related brain activity in youth with obsessive-compulsive disorder and other anxiety disorders. *Neuroscience letters*, *541*(2013), 214–218.

Chakalov, I., Paraskevopoulos, E., Wollbrink, A., & Pantev, C. (2014). Mismatch negativity to acoustical illusion of beat: how and where the change detection takes place? *NeuroImage*, *100*(2014), 337–346.

Chen, X., Rubin, K. H., & Sun, Y. (1992). Social reputation and peer relationships in Chinese and Canadian children: A cross-cultural study. *Child Development*, *63*(6), 1336–1343.

Chen, X., Hastings, P. D., Rubin, K. H., Chen, H., Cen, G., & Stewart, S. L. (1998). Child-rearing attitudes and behavioral inhibition in Chinese and Canadian toddlers: a cross-cultural study. *Developmental Psychology, 34*(4), 677–686.

Chen, X., Cen, G., & He, L. Y. (2005). Social functioning and adjustment in Chinese children: the imprint of historical time. *Child Development*, *76*(1), 182–195.

Chen, X., & French, D. C. (2008). Children's social competence in cultural context. *Annual Review of Psychology, 59*(1), 591–616.

Chung, K., & Park, J. Y. (2018). Beyond the real world: Attention debates in auditory mismatch negativity. *Neuroreport, 29*(6), 472–477.

Clauss, J. A., Ronald L. Cowan, & Jennifer Urbano Blackford. (2011). Expectation and temperament moderate amygdala and dorsal anterior cingulate cortex responses to fear faces. *Cognitive Affective & Behavioral Neuroscience, 11*(1), 13–21.

Clauss, J. A., & Blackford, J. U. (2012). Behavioral inhibition and risk for developing social anxiety disorder: a meta-analytic study. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 51*(10), 1066–1075.

Clauss, J. A., Avery, S. N., Vanderklok, R., Cowan, R. L., Benningfield, M. M., & Blackford, J. U. (2014). Neurocircuitry underlying risk and resilience to social anxiety disorder. *Depression and Anxiety, 31*(10), 822–833.

Clauss, J. A., Seay, A. L., Vanderklok, R. M., Avery, S. N., Cao, A., Cowan, R. L., …Blackford, J. U. (2014). Structural and functional bases of inhibited temperament. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 9*(12), 2049–2058.

Clauss, J. A., Benningfield, M. M., Rao, U., & Blackford, J. U. (2016). Altered prefrontal cortex function marks heightened anxiety risk in children. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 55*(9), 809–816.

Coan, J. A., Allen, J. J. B., Harmon-Jones, E. (2001). Voluntary facial expression and hemispheric asymmetry over the frontal cortex. *Psychophysiology 38*(6), 912–925.

Coplan, R. J., Rose-Krasnor, L., Weeks, M., Kingsbury, A., Kingsbury, M., & Bullock, A. (2013). Alone is a crowd: social motivations, social withdrawal, and socioemotional functioning in later childhood. *Developmental Psychology, 49*(5), 861–875.

Davidson, R. J. (1992). Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion. *Brain and Cognition, 20*(1), 125–151.

Derryberry, D. & Reed, M. (2002). Anxiety-related attentional biases and their regulation by attentional control. *Journal of Abnormal Psychology, 111*(2): 225–236.

Dom ńguez Duque, J. F., Turner, R., Lewis, E. D., & Egan, G. (2010). Neuroanthropology: a humanistic science for the study of the culture-brain nexus. *Social Cognitive & Affective Neuroscience, 5*(2-3), 138–147.

Dosenbach, N. U., Visscher, K. M., Palmer, E. D., Miezin, F. M., Wenger, K. K., Kang, H. C., … Petersen, S. E. (2006). A core system for the implementation of task sets. *Neuron, 50*(5), 799–812.

Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R., & Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: attentional control theory. *Emotion, 7*(2), 336–353.

Falkenstein, M., Hoormann, J., Christ, S., & Hohnsbein, J. (2000). ERP components on reaction errors and their functional significance: a tutorial. *Biological psychology, 51*(2-3), 87–107.

Fitzgerald, K. D., Welsh, R. C., Gehring, W. J., Abelson, J. L., Himle, J. A., & Liberzon, I., ... Taylor, S. F. (2005). Error-related hyperactivity of the anterior cingulate cortex in obsessive-compulsive disorder. *Biological Psychiatry, 57*(3), 287–294.

Fox, N. A., & Davidson, R. J. (1987). Electroencephalogram asymmetry in response to the approach of a stranger and maternal separation in 10-month-old infants. *Developmental Psychology, 23*(2), 233–240.

Fox, N. A., (1991). If it's not left, it's right: electroencephalograph asymmetry and the development of emotion. *American Psychologist, 46*(8), 863–872.

Fox, N. A., Calkins S. D., & Bell, M. A. (1994). Neural plasticity and development in the first two years of life: evidence from cognitive and socioemotional domains of research. *Development and Psychopathology, 6* (4), 677–696

Fox, N. A., Henderson, H. A., Rubin, K. H., Calkins, S. D., & Schmidt, L. A. (2010). Continuity and discontinuity of behavioral inhibition and exuberance: psychophysiological and behavioral influences across the first four years of life. *Child Development, 72*(1), 1–21.

Fried, I., MacDonald, K. A., & Wilson, C. L. (1997). Single neuron activity in human hippocampus and amygdala during recognition of faces and objects. *Neuron, 18*(5), 753–765.

Fu, X., Taber-Thomas, B. C., & Pérez-Edgar, K. (2017). Frontolimbic functioning during threat-related attention: Relations to early behavioral inhibition and anxiety in children. *Biological Psychology, 122*(2017), 98-109.

Garnefski, N., Kraaij, V., & Etten, M. V. (2005). Specificity of relations between adolescents' cognitive emotion regulation strategies and internalizing and externalizing psychopathology. *Journal of Adolescence, 28*(5), 619–631.

Giard, M. H., Perrin, F., Pernier, J., & Bouchet, P. (2010). Brain generators implicated in the processing of auditory stimulus deviance: a topographic event - related potential study. *Psychophysiology, 27*(6), 627–640.

Goldstein, B. L., Shankman, S. A., Kujawa, A., Torpey-Newman, D. C., Olino, T. M., & Klein, D. N. (2016). Developmental changes in electroencephalographic frontal asymmetry in young children at risk for depression. *Journal of Child Psychology & Psychiatry, 57*(9), 1075.

Gulley, L. D., Oppenheimer, C. W., & Hankin, B. L. (2014). Associations among negative parenting, attention bias to anger, and social anxiety among youth. *Developmental Psychology, 50*(2), 577–585.

Guyer, A. E., Nelson, E. E., Pérez-Edgar, K., Hardin, M. G., Robersonnay, R., Monk, C. S., ... Ernst, M. (2006). Striatal functional alteration in adolescents characterized by early childhood behavioral inhibition. *Journal of Neuroscience the Official Journal of the Society for Neuroscience, 26*(24), 6399–6405.

Harmonjones, E., & Allen, J. J. B. (1997). Behavioral activation sensitivity and resting frontal EEG asymmetry: covariation of putative indicators related to risk for mood disorders. *Journal of Abnormal Psychology, 106*(1), 159–163.

Harrewijn, A., Buzzell, G. A., Debnath, R., Leibenluft, E., Pine, D. S., & Fox, N. A. (2019). Frontal alpha asymmetry moderates the relations between behavioral inhibition and social-effect ERN. *Biological psychology*, *141*(2019), 10–16.

Heeren, A., Mogoaşe, C., Mcnally, R. J., Schmitz, A., & Philippot, P. (2015). Does attention bias modification improve attentional control? A double-blind randomized experiment with individuals with social anxiety disorder. *Journal of Anxiety Disorders*, *29*(1), 35–42.

Henderson, H. A., Fox, N. A., & Rubin, K. H. (2001). Temperamental contributions to social behavior: the moderating roles of frontal EEG asymmetry and gender. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *40*(1), 68–74.

Hirshfeld-Becker, D. R., Biederman, J., Henin, A., Faraone, S. V., Davis, S., Harrington, K., & Rosenbaum, J. F. (2007). Behavioral inhibition in preschool children at risk is a specific predictor of middle childhood social anxiety: a five-year follow-up. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, *28*(3), 225–233.

Holroyd, C. B., & Mgh, C. (2002). The neural basis of human error processing: reinforcement learning, dopamine, and the error-related negativity. *Psychological Review*, *109*(4), 679–709.

Hum, K. M., Manassis, K., & Lewis, Marc D. (2013). Neural mechanisms of emotion regulation in childhood anxiety. *Journal of Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*, *54*(5), 552–564.

Ischebeck, M., Endrass, T., Simon, D., & Kathmann, N. (2014). Altered frontal EEG asymmetry in obsessive-compulsive disorder. *Psychophysiology*, *51*(7), 596–601.

Jarcho, J. M., Fox, N. A., Pine, D. S., Leibenluft, E., Shechner, T., & Degnan, K. A., ... Ernst, M. (2014). Enduring influence of early temperament on neural mechanisms mediating attention-emotion conflict in adults. *Depression & Anxiety*, *31*(1), 53–62.

Jarcho, J. M., & Guyer, A. E. (2018). The Neural Mechanisms of Behavioral Inhibition. In K. Pérez-Edgar & N. A. Fox (Eds.), *Behavioral Inhibition* (pp. 59–90). Cham, Gewerbestrasse, Switzerland: Springer, Cham.

Jetha, M. K., Zheng, X., Schmidt, L. A., & Segalowitz, S. J. (2012). Shyness and the first 100 ms of emotional face processing. *Social Neuroscience*, *7*(1), 74–89.

Jones, N. A., Field, T., & Almeida, A. (2009). Right frontal EEG asymmetry and behavioral inhibition in infants of depressed mothers. *Infant Behavior and Development*, *32*(3), 298–304.

Kagan, J., Reznick, J. S., Snidman, N., Gibbons, J., & Johnson, M. O. (1988). Childhood derivatives of inhibition and lack of inhibition to the unfamiliar. *Child Development*, *59*(6), 1580–1589.

Kagan, J., & Snidman, N. (1991). Temperamental factors in human development. *American Psychologist*, *46(8)*, 856–862.

Killeen, L. A. (2010). *Understanding parenting as a process: Frontal EEG alpha asymmetry as a measure of "online" maternal responsiveness to infant cues* (Unpublished doctorial dissertation). The Pennsylvania State University.

Kitayama, S., & Uskul, A. K. (2011). Culture, mind, and the brain: Current evidence and future directions. *Annual Review of Psychology*, *62*(1), 419–449.

Kitayama, S., & Huff, S. (2015). Cultural Neuroscience: Connecting Culture, Brain, and Genes. *Emerging Trends in the Social and Behavioral Sciences: An Interdisciplinary, Searchable, and Linkable Resource*, pp. 1–16. New York: Wiley.

Knutson, B., Westdorp, A., Kaiser, E., & Hommer, D. (2000). fMRI visualization of brain activity during a monetary incentive delay task. *Neuroimage*, *12*(1), 20–27.

Lahat, A., Lamm, C., Chronistuscano, A., Pine, D. S., Henderson, H. A., & Fox, N. A. (2014). Early behavioral inhibition and increased error monitoring predict later social phobia symptoms in childhood. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *53*(4), 447–455.

Lahat, A., Benson, B. E., Pine, D. S., Fox, N. A., & Ernst, M. (2018). Neural responses to reward in childhood: relations to early behavioral inhibition and social anxiety. *Social cognitive and affective neuroscience*, *13*(3), 281–289.

Lamm, C., Walker, O. L., Degnan, K. A., Henderson, H. A., Pine, D. S., Mcdermott, J. M., & Fox, N. A. (2014). Cognitive control moderates early childhood temperament in predicting social behavior in 7-year-old children: An ERP study. *Developmental science*, *17*(5), 667–681.

Liu, J., Chen, X., Coplan, R. J., Ding, X., Zarbatany, L., & Ellis, W. (2015). Shyness and unsociability and their relations with adjustment in Chinese and Canadian children. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, *46*(3), 1–16.

Mangun, G. R. (1995). Neural mechanisms of visual selective attention. Psychophysiology, *32*(1), 4–18.

Markus, H. R., & Kitayama, S. (1991). Cultural variation in the self-concept. In *The self: Interdisciplinary approaches* (pp. 18–48). New York: Springer.

Mcdermott, J. M., Pérez-Edgar, K., Henderson, H. A., Chronistuscano, A., Pine, D. S., & Fox, N. A. (2009). A history of childhood behavioral inhibition and enhanced response monitoring in adolescence are linked to clinical anxiety. *Biological Psychiatry*, *65*(5), 445–448.

Mcmanis, M. H., Kagan, J., Snidman, N. C., & Woodward, S. A. (2010). EEG asymmetry, power, and temperament in children. *Developmental Psychobiology*, *41*(2), 169–177.

Moses-Kolko, E. L., Fraser, D., Wisner, K. L., James, J. A., Saul, A. T., Fiez, J. A., & Phillips, M. L. (2011). Rapid habituation of ventral striatal response to reward receipt in postpartum depression. *Biological psychiatry*, *70*(4), 395–399.

Pang, X., Xu, J., Chang, Y., Tang, D., Zheng, Y., & Liu, Y., et al. (2014). Mismatch negativity of sad syllables is absent in patients with major depressive disorder. *Plos One*, *9*(3), e91995.

Pérez-Edgar, K., Barhaim, Y., Mcdermott, J. M., Chronistuscano, A., Pine, D. S., & Fox, N. A. (2010). Attention biases to threat and behavioral inhibition in early childhood shape adolescent social withdrawal. *Emotion*, *10*(3), 349–357.

Pérez-Edgar, K., Hardee, J. E., Guyer, A. E., Benson, B. E., Nelson, E. E., Gorodetsky, E., ... Ernst, M. (2014). Drd4 and striatal modulation of the link between childhood behavioral inhibition and adolescent anxiety. *Social Cognitive & Affective Neuroscience*, *9*(4), 445–453.

Pérez-Edgar, K. (2018). Attention Mechanisms in Behavioral Inhibition: Exploring and Exploiting the Environment. In K. Pérez-Edgar & N. A. Fox (Eds.), *Behavioral Inhibition* (pp. 237–261). Cham, Gewerbestrasse, Switzerland: Springer, Cham.

Reinholdt-Dunne, M. L., Mogg, K., & Bradley, B. P. (2013). Attention control: relationships between self-report and behavioural measures, and symptoms of anxiety and depression. *Cognition & Emotion*, *27*(3), 430–440.

Ridderinkhof, K. R., Ullsperger, M., Crone, E. A., & Nieuwenhuis, S. (2004). The role of the medial frontal cortex in cognitive control. *Science*, *306*(5695), 443–447.

Roy, A. K., Benson, B. E., Degnan, K. A., Pérez-Edgar, K., Pine, D. S., Fox, N. A., & Ernst, M. (2014). Alterations in amygdala functional connectivity reflect early temperament. *Biological Psychology*, *103*, 248–254.

Rubin K., Bukowski W., & Parker J. (2006). Peer interactions, relationships, and groups. In W. Damon, R. Lerner, & N. Eisenberg (Eds.), *Handbook of child psychology: Vol. 3. Social, emotional, and personality development* (6th ed., pp. 571–645). New York: Wiley.

Rubin, K. H., Coplan, R. J., & Bowker, J. (2009). Social withdrawal in childhood. *Annual Review of Psychology*, *60*, 141–171.

Rubin, K. H., Burgess, K. B., & Hastings, P. D. (2010). Stability and social-behavioral consequences of toddlers' inhibited temperament and parenting behaviors. *Child Development*, *73*(2), 483–495.

Schleider, J. L., Ginsburg, G. S., & Drake, K. (2018). Perceived peer victimization predicts anxiety outcomes in a prevention program for offspring of anxious parents. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, *47*(1), S255–S263.

Schmidt, E. T. B., & Bierman, K. L. (2015). Dimensions of parenting associated with child prekindergarten emotion regulation and attention control in low-income families. *Social Development*, *24*(3), 601–620.

Schmidt, L. A., Fox, N. A., Rubin, K. H., & Sternberg, E. M. (2015). Behavioral and neuroendocrine responses in shy children. *Developmental Psychobiology*, *30*(2), 127–140.

Schneider, M., Chau, L., Mohamadpour, M., Stephens, N., Arya, K., & Grant, A. (2016). EEG asymmetry and bis/bas among healthy adolescents. *Biological Psychology*, *120*(2016), 142–148.

Schwartz, C. E., Kunwar, P. S., Greve, D. N., Moran, L. R., Viner, J. C., Covino, J. M., ... Wallace, S. R. (2009). Structural differences in adult orbital and ventromedial prefrontal cortex predicted by infant temperament at 4 months of age. *Neuroimage*, *47*(1), S184–S184.

Schwartz, C. E., Kunwar, P. S., Hirshfeld-Becker, D. R., Henin, A., Vangel, M. G., Rauch, S. L., … Rosenbaum, J. F. (2015). Behavioral inhibition in childhood

predicts smaller hippocampal volume in adolescent offspring of parents with panic disorder. *Translational Psychiatry*, *5*(7), e605.

Scott, J. H., Yap, K., Francis, Andrew, J., & Schuster, Sharynn. (2014). Perfectionism and its relationship with anticipatory processing in social anxiety. *Australian Journal of Psychology*, *66*(3), 187–196.

Sladky, R., Höflich, A., Atanelov, J., Kraus, C., Baldinger, P., Moser, E., ... Windischberger, C. (2012). Increased neural habituation in the amygdala and orbitofrontal cortex in social anxiety disorder revealed by fMRI. *PloS One*, *7*(11), e50050.

Smit, D. J. A., Posthuma, D., Boomsma, D. I., & De Geus, E. J. C. (2007). The relation between frontal EEG asymmetry and the risk for anxiety and depression. *Biological Psychology*, *74*(1), 26–33.

Stout, D. M., Shackman, A. J., & Larson, C. L. (2013, April 26). Failure to filter: Anxious individuals show inefficient gating of threat from working memory. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*. Retrieved April 26, 2013 from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psyh&AN=2013-15814-001&lang=zh-cn&site=ehost-live.

Stumper, A., Danzig, A. P., Dyson, M. W., Olino, T. M., Carlson, G. A., & Klein, D. N. (2017). Parents' behavioral inhibition moderates association of preschoolers' BI with risk for age 9 anxiety disorders. *Journal of Affective Disorders*, *210*, 35–42.

Sylvester, C. M., Barch, D. M., Harms, M. P., Belden, A. C., Oakberg, T. J., Gold, A. L., … Pine, D. S. (2016). Early childhood behavioral inhibition predicts cortical thickness in adulthood. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *55*(2), 122–129.

Sylvester, C. M., & Pine, D. S. (2018). The biological bridge between behavioral inhibition and psychopathology. In K. Pérez-Edgar & N. A. Fox (Eds.), *Behavioral Inhibition* (pp. 309–335). Cham, Gewerbestrasse, Switzerland: Springer, Cham.

Tang, A. C., Reeb-Sutherland, B. C., Romeo, R. D., & Mcewen, B. S. (2012). Reducing behavioral inhibition to novelty via systematic neonatal novelty exposure: the influence of maternal hypothalamic-pituitary-adrenal regulation. *Biological Psychiatry*, *72*(2), 150–156.

Thai, N., Taber-Thomas, B. C., & Pérez-Edgar, K. E. (2016). Neural correlates of attention biases, behavioral inhibition, and social anxiety in children: an ERP study. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *19*(2016), 200–210.

Thorell, L., Bohlin, G., & Rydell, A. M. (2004). Two types of inhibitory control: predictive relations to social functioning. *International Journal of Behavioral Development*, *28*(3), 193–203.

Troller-Renfree, S. V., Buzzell, G. A., Bowers, M. E., Salo, V. C., Forman-Alberti, A., Smith, E., ... & Fox, N. A. (2019). Development of inhibitory control during childhood and its relations to early temperament and later social anxiety: unique insights provided by latent growth modeling and signal detection theory. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. *60*(6), 622–629.

Tsai, J. L., Knutson, B., & Fung, H. H. (2006). Cultural variation in affect valuation. *Journal of Personality and Social Psychology*, *90*(2), 288–307.

Van, V. V., & Carter, C. S. (2002). The anterior cingulate as a conflict monitor: fMRI and ERP studies. *Physiology & Behavior, 77*(4), 477–482.

Vassilopoulos, S. P. (2004). Anticipatory processing in social anxiety. *Behavioural & Cognitive Psychotherapy, 32*(3), 303–311.

Walker, F. R., Thomson, A., Pfingst, K., Vlemincx, E., Aidman, E., & Nalivaiko, E. (2019). Habituation of the electrodermal response–A biological correlate of resilience? *PloS One*, *14*(1), e0210078.

Weeks, J. W. (2014). *The wiley blackwell handbook of social anxiety disorder*. New York: John Wiley & Sons, Incorporated.

Wen, D. J., Soe, N. N., Sim, L. W., Sanmugam, S., Kwek, K., Chong, Y. S., …Qiu, A. (2017). Infant frontal EEG asymmetry in relation with postnatal maternal depression and parenting behavior. *Translational Psychiatry*, *7*(3), e1057.

White, L. K., Mcdermott, J. M., Degnan, K. A., Henderson, H. A., & Fox, N. A. (2013). Erratum to: behavioral inhibition and anxiety: the moderating roles of inhibitory control and attention shifting. *Journal of Abnormal Child Psychology, 41*(1), 177.

White, L. K., Degnan, K. A., Henderson, H. A., Pérez-Edgar, Koraly, Walker, O. L., Shechner, T., ... Fox, N. A. (2017). Developmental relations among behavioral inhibition, anxiety, and attention biases to threat and positive information. *Child Development, 88*(1), 141–155.

Williams, L. R., Fox, N. A., Lejuez, C. W., Reynolds, E. K., Henderson, H. A., Pérez-Edgar, K. E., ... & Pine, D. S. (2010). Early temperament, propensity for risk-taking and adolescent substance-related problems: A prospective multi-method investigation. *Addictive Behaviors*, *35*(12), 1148–1151.

Xiao, Z. P., Chen, X. S., Zhang, M. D., Lou, F. Y., & Chen, J. (2005). Follow-up study of three cognitive potentials of depression and anxiety disorders. *Medical Bulletin of Shanghai Jiaotong University*, *17*(2), 79–82.

Zhao, M., Liu, T., & Chen, F. (2018). Automatic processing of pragmatic information in the human brain: a mismatch negativity study. *NeuroReport*, *29*(8), 631–636.

Cognitive neurological process associated with behavioral inhibition and psychopathology in children

You Yuan; Wang Li

(*School of Psychological and Cognitive Science, Peking University, Beijing* 100871, *China*)

Abstract: Children with behavioral inhibition are more likely to suffer from internalizing behavioral problems during mid-childhood and adolescence, and appear to be at higher developmental risk. Compared to children without behavioral inhibition, these children show more withdrawal motivation, longer anticipatory process and pre-attention process, less attention control, more attention bias to negative information, hyperactive error detection process and slower habituation process. These cognitive neurological processes of behavioral inhibited children also exist in patients who suffer from mental disorders, and are important links between behavioral inhibition and psychopathology in children. It can be used as predictors to screen individuals with higher developmental risk. In addition to children's own characteristics, environmental factors can also influence children's developmental outcomes by shaping cognitive neurological processes. Therefore, in future studies, in order to identify protective factors for the children with behavioral inhibition from both temperamental factors and environmental factors, we may consider the differences of cognitive neurological processes between children's behavioral inhibition and psychopathology under different cultural conditions.

Keywords: Behavioral inhibition; Psychopathology; Cognitive neural processes; Withdrawal motivation; Pre-attention processes; Attention processes; Response processes; Habituation processes